

THIN FILM MAGNETIC HEAD

Patent Number: JP5225521
Publication date: 1993-09-03
Inventor(s): ISHIKAWA OSAMU; others: 02
Applicant(s): SONY CORP
Requested Patent: JP5225521
Application Number: JP19920024155 19920210
Priority Number(s):
IPC Classification: G11B5/31
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To improve characteristics in a high-frequency region by forming an upper layered core except the front gap part with a laminated film obtd. by laminating plural magnetic films via a nonmagnetic metal film.
CONSTITUTION: At least the upper layered core 5 of this magnetic head except the front gap part has a multilayered structure obtd. by laminating plural magnetic films 13, 16 through a nonmagnetic film 14 of a metallic material. The magnetic domains are stabilized by the nonmagnetic film 14, a small eddy current loss as well as high permeability is ensured even in a high-frequency region and high recording and reproducing output is exhibited. Since the nonmagnetic film 14 is made of the metallic material, the adhesion of the film 14 to the magnetic films 13, 16 is satisfactory and an under-layer for ensuring such adhesion is made unnecessary.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-225521

(43) 公開日 平成5年(1993)9月3日

(51) Int.Cl.⁵

G 1 1 B 5/31

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C 7247-5D

H 7247-5D

審査請求 未請求 請求項の数2(全9頁)

(21) 出願番号 特願平4-24155

(22) 出願日 平成4年(1992)2月10日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 石川 理

東京都品川区北品川6丁目5番6号 ソニー・マグネ・プロダクツ株式会社内

(72) 発明者 鈴木 忠男

東京都品川区北品川6丁目5番6号 ソニー・マグネ・プロダクツ株式会社内

(72) 発明者 成沢 浩亮

東京都品川区北品川6丁目5番6号 ソニー・マグネ・プロダクツ株式会社内

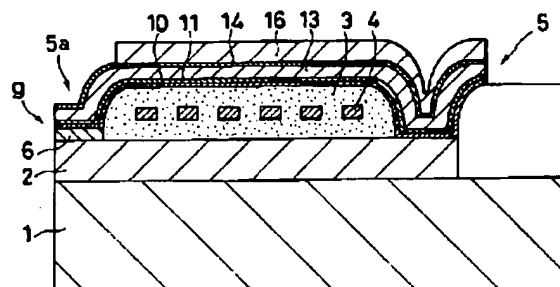
(74) 代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド

(57) 【要約】

【構成】 薄膜磁気ヘッドの上層コアを、フロントギャップ部を除いて複数の磁性体膜が非磁性体膜を介して積層された積層膜とし、且つ上記非磁性体膜として金属膜を使用する。

【効果】 高周波数域においても良好な特性を発揮する薄膜磁気ヘッドが簡易な製造工程で製造することが可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 下層コア上に絶縁層を介してコイル導体及び上層コアが積層されて磁気回路部が構成されてなる薄膜磁気ヘッドにおいて、

少なくとも上記上層コアは、フロントギャップ部を除いて複数の磁性体膜が非磁性体膜を介して積層された積層膜であり、且つ上記非磁性体膜が金属膜であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】 上記非磁性体膜がCuであることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、例えばハードディスク等に情報を書き込みあるいは読出しするのに好適な薄膜磁気ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】 ハードディスクシステムにおいては、ますます、高記録密度化が要求されるようになっており、使用する磁気ヘッドにも、このような高密度記録化に対応すべく、高周波数領域（10MHz以上）において高い記録再生出力が得られることが求められるようになっている。

【0003】 ハードディスク用磁気ヘッドとしては、一般に薄膜磁気ヘッドが使用される。すなわち、薄膜磁気ヘッドは、通常、下層コア上に絶縁層を介して単層または複数層の導体コイルが積層形成され、さらにこの導体コイル上部に絶縁層を介して上層コアが形成された磁気回路部が構成されてなるものである。

【0004】 ここで、磁気ヘッドの高周波数領域での記録再生出力を向上させるには、この領域におけるコアの透磁率が高く、渦電流損失も少ないこと等が求められる。このため、近年、薄膜磁気ヘッドにおいては、磁性体膜に該磁性体膜を膜厚方向に分断するように非磁性体膜を介在させてなる多層構造の磁気コアが使用されるようになっている。磁気コアは、このような多層構造とすると、上記非磁性体膜によって膜厚方向において磁区が分断されるので、これにより磁区が安定化して透磁率が向上し、渦電流の発生も上記非磁性体膜によって効果的に抑えられるものと考えられ、高周波数領域においても良好な特性を発揮するようになる。なお、磁性体膜を分断する非磁性体膜としては、通常、SiO₂膜、Al₂O₃膜等のガラス系材料が使用される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、磁気コアの形成方法としては、各膜をスパッタリングで成膜した後、ドライエッチングでコア形状に成形するドライプロセス、コア形状に対応したフレームを使用して電解メッキを行うフレーム電解メッキ法等が挙げられるが、スパッタリングやドライエッチングは極めて時間のかかるプロセスであることから、通常は、フレーム電解メッキ法

が採用される。

【0006】 ここで、フレーム電解メッキ法によって、多層構造の磁気コアを形成する場合、たとえば3層構造の磁気コア（第1の磁性体、非磁性体膜、第2の磁性体よりなる磁気コア）を例にして説明すると、基本的には、絶縁膜（下層コアの場合には基板）上に第1の磁性体膜、非磁性体膜、第2の磁性体膜を形成してコア形状に成形すればよい。しかし、たとえばSiO₂やAl₂O₃等のガラス系材料を非磁性体膜材料とする場合、ガラス系材料は金属材料よりなる磁性体とは密着性が悪いために、非磁性体膜と磁性体の間にCr、Ti等よりなる下地膜を設けなければならない。また、磁性体膜を電解メッキにて形成するための電極膜も設ける必要がある。このため、実際には、上記多層構造の磁気コアは、第1の下地膜、第1の電極膜、第1の磁性体膜、非磁性体膜、第2の下地膜、第2の電極膜、第2の磁性体膜というように磁性体膜、非磁性体膜の他に複数の下地膜、電極膜を形成することとなり、以下に示すように極めて複雑な製造工程によって形成されることとなる。

【0007】 すなわち、上層コアは、図25～図31に示すように、基板31上に下層コア32、導体コイル34、絶縁層33を形成した後、この絶縁層33上に形成する。まず、図25に示すように、絶縁層33上に金属材料との密着性を得るためのCr、Ti等よりなる第1の下地膜40を形成し、この第1の下地膜上にCuあるいはパーマロイ等の導電性材料よりなる第1の電極膜41をスパッタリングにて成膜する。次いで、図26に示すように上記第1の電極膜41上にコア形状に対応したフレーム42を形成し、図27に示すように、第1の磁性体となるパーマロイ等よりなる磁性体膜43を電解メッキ法により形成する。そして、図28に示すようにフレーム42を除去するとともに、フレーム部の各膜をドライエッチングにより除去し、図29に示すようにコアとなる部分のみをレジスト44にて覆う如くコートし、ウェットエッチングを行ってコア以外の余分な膜を除去する。さらに、図30に示すように上記磁性体膜43上に、非磁性体膜45をスパッタリングにて成膜し、上述と同様にして、第2の下地膜46および第2の電極膜47のスパッタリングによる形成、フレーム48の形成を行い、第2の磁性体となる磁性体膜49を電解メッキ法によって形成する。その後、フレーム48の除去、ドライエッチングによりフレーム下部のスパッタ膜除去を行い、レジストによってコア部分をコートし、ウェットエッチングによってコア以外の余分な膜を除去して図31に示すような上層コア35が形成される。

【0008】 このように、磁性体膜、非磁性体膜の他に、電極膜や下地膜を複数回設けるとその分製造工程が増えることとなり、極めて製造操作が複雑となる。そこで、本発明はこのような従来の実情に鑑みて提案されたものであり、高周波数領域において良好な特性を有する

3

とともに簡易な工程で製造できる薄膜磁気ヘッドを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、本発明の薄膜磁気ヘッドは、下層コア上に絶縁層を介してコイル導体及び上層コアが積層されて磁気回路部が形成されてなる薄膜磁気ヘッドにおいて、少なくとも上記上層コアは、フロントギャップ部を除いて複数の磁性体膜が非磁性体膜を介して積層された積層膜であり、且つ上記非磁性体膜が金属膜であることを特徴とするものである。

【0010】また、上記非磁性体膜がCuであることを特徴とするものである。

【0011】

【作用】本発明の薄膜磁気ヘッドでは、少なくとも上層コアが、フロントギャップ部を除いて、複数の磁性体膜が金属材料よりなる非磁性体膜を介して積層されてなる多層構造とされる。したがって、非磁性体膜により、磁区が安定化し、高周波数領域においても高透磁率を示すとともに渦電流損失も少なく高記録再生出力を発揮する。

【0012】また、非磁性体膜として金属材料を使用しているので、非磁性体膜と磁性体膜との密着性が良く、非磁性体膜と磁性体膜の間に密着性を確保するための下地膜を設ける必要がない。また、非磁性体膜が電極として代用できるようになり、電極膜の成膜回数も少なくなる。したがって、製造工程が簡易なものとなり、薄膜磁気ヘッドの生産性が向上する。特に、非磁性体膜の材料として、銅を使用すると、銅は蝕食性が高く、通常の磁性体をエッチングするのに使用するウェットエッチング液にて容易にエッチングされるため、より製造工程が簡易化する。なお、上記コアのフロントギャップ部を多層構造としないのは、フロントギャップ部が多層構造である場合には、非磁性体膜が疑似ギャップとして機能し、記録再生特性に悪影響を及ぼすからである。

【0013】

【実施例】以下、本発明を適用した薄膜磁気ヘッドの具体的な実施例について説明する。

【0014】本実施例においては、絶縁材によって所望のコア形状に対応したフレーム（外枠）を形成してメッキを行い、フレーム外のメッキを取り除いて磁気コアを形成する、いわゆるフレームメッキ法により磁気コアを形成する薄膜磁気ヘッドの例として説明する。

【0015】本実施例の薄膜磁気ヘッドは図1に示すように、基板1上に下層コア2が形成され、この上に絶縁膜3を介して導体コイル4および上層コア5が形成されてになっている。

【0016】上記基板1には、例えばチタン酸カリウム、セラミックス、アルミナ等の非磁性材料よりなる基板、あるいはMn-Zn系フェライト、Ni-Zn系フ

4

ェライト等の強磁性材料よりなる基板が使用される。

【0017】また、上記下層コア2には、高飽和磁束密度を有し且つ軟磁気特性に優れた強磁性材料が使用できる。例えば、Ni-Fe系合金、Fe-Al系合金、Fe-Al-Si系合金、Fe-Si-Co系合金、Fe-Al-Ge系合金、Fe-Ga-Ge系合金、Fe-Si-Ge系合金、Fe-Co-Si-Al系合金等の強磁性金属材料、あるいはFe-Ga-Si系合金、さらには上記Fe-Ga-Si系合金の耐蝕性や耐摩耗性の一層の向上を図るために、Fe、Ga、Co（Feの一部をCoで置換したものを含む。）、Siを基本組成とする合金に、Ti、Cr、Mn、Zr、Nb、Mo、Ta、W、Ru、Os、Rh、Ir、Re、Ni、Pb、Pt、Hf、Vの少なくとも一種を添加したものであってもよい。ただし、通常は磁区のコントロールが容易な材料、たとえばFe-Ni系合金（パーマロイ）が使用される。

【0018】また、上記下層コア2上には、磁気ギャップgを構成するためのギャップ膜6が形成されている。ギャップ膜6としては、例えばSiO₂やTa₂O₅等よりなる膜が使用される。さらに上記ギャップ膜6には、CuやAl等の導電金属材料よりなる導体コイル4が絶縁膜3に埋め込まれた形で所定間隔で複数ターン渦巻状に形成されている。なお、導体コイル4の形態としては、特に限定されるものではなく、例えばヘリカル型、ジグザグ型等であってもよい。また、この例のように導体コイルを一層巻線構造とするのみならず、多層巻線構造としてもよい。

【0019】そして、さらに上記絶縁膜4上には、前記下層コア2に共働して磁気回路部を構成する上層コア5が所望の形状に形成されている。すなわち、上記上層コア5は、導体コイルの渦巻の中央部から磁気記録媒体対接面近傍に跨いで形成され、上記渦巻の中央部では、絶縁膜3及びギャップ膜6に設けられた窓部を介して下層コア2と接続されバックギャップを構成している。一方、磁気記録媒体対接面近傍では、上記上層コア5はギャップ膜6を挟んで下層コア2と対向し、磁気ギャップgを構成するようになっている。したがって、下層コア2と上層コア5は、導体コイル4を中央部に挟んでバックギャップ及び磁気ギャップを介して磁気的に結合され、磁気回路部を構成する。

【0020】ここで、上記上層コア5は、高周波数領域において高記録再生出力を得るために、フロントギャップ部5aを除いて複数の磁性体13、16が非磁性体膜14を介して積層された多層構造とされる。このような多層構造の上層コア5は、換言すれば、磁気コアが非磁性体膜14によって膜厚方向に分断された構造であり、該磁気コアは非磁性体膜14によって分断されることにより、磁区の安定化、渦電流の防止が図られ、高密度記録再生が要求される薄膜磁気ヘッドのコアとして好適な

5

ものとなる。(なお、フロントギャップ部を多層構造としないのは、フロントギャップを多層構造とすると、非磁性体膜が疑似ギャップとして機能し、記録再生特性に悪影響を及ぼすからである。)

【0021】ところが、上記磁気コアでは、選択する非磁性体膜によっては、製造に際して磁性体膜と非磁性体膜の間に密着性を確保するための下地膜や電極膜を多数回設けることが必要となり、製造工程が煩雑になる。

【0022】そこで、本発明においては、製造操作の簡易化を図るために、上記非磁性体膜14の材料として金属材料を使用する。非磁性体膜14の材料として金属材料を使用すると、金属製の非磁性体膜は、磁性体膜との密着性に優れるため、製造に際して非磁性体膜と磁性体膜の間に下地膜を設ける必要がなくなり、また、磁性体膜が電解メッキの際の電極として代用できるようになるので電極膜の成膜回数も少なくてすみ、製造操作が簡易なものとなる。

【0023】以下に、上記構成の上層コア5の形成工程を第1の磁性体13、非磁性体膜14、第2の磁性体16よりなる3層構造の上層コアを例にして説明する。

【0024】すなわち、上記上層コア5を形成するには、まず図2に示すように、絶縁膜3上に密着性を得るためのCr、Ti等よりなる下地膜10およびCuあるいはパーマロイ等の導電性材料よりなる電極膜11をスパッタリングにて成膜する。そして、図3に示すように、この電極膜11上にコア形状に対応したフレーム12を形成し、図4に示すように、第1の磁性体となるパーマロイ等よりなる磁性体膜13および非磁性体膜14を電解メッキ法により形成した後、図5に示すようにフレーム12を除去する。次いで、今度は、図6に示すようにコア部分のうちフロントギャップ部を除いた部分のみを囲むようにしてフレーム15を形成し、図7に示すように、第2の磁性体となるパーマロイ等よりなる磁性体膜16を電解メッキ法によって形成する。そして、図8に示すように、このフレーム15を除去した後、図9に示すようにフレーム部の各膜をドライエッチングによって除去する。そして、図10に示すようにレジスト17によってコア部分を覆う如くコートし、図11に示すようにウェットエッチングにてコア部分以外の余分な膜を除去することによって、上層コア5が形成される。

【0025】また、上記形成工程は、非磁性体膜14を電解メッキ法にて形成する場合であるが、非磁性体膜14はスパッタリングにて形成しても差し支えない。

【0026】その場合には、まず上述の場合と同様にして、図12に示すように絶縁膜3上下地膜10および電極膜11をスパッタリングにて成膜する。そして、図14に示すようにこの電極膜11上にコア形状に対応したフレーム12を形成し、図15に示すように、第1の磁性体となる磁性体膜13を電解メッキ法により形成する。次いで、図16に示すように、フレームを除去し、

6

非磁性体膜をスパッタリングによって形成する。そして、図17に示すように、コア部分のうちフロントギャップ部を除いた部分のみを囲むようにしてフレーム15を形成して、図18に示すように第2の磁性体となる磁性体膜16を電解メッキ法によって形成する。そして、図19に示すように、このフレーム15を除去した後、図20に示すようにフレーム部の各膜をドライエッチングによって除去する。そして、図21に示すようにレジスト17にてコア部分を覆う如くコートし、図22に示すようにウェットエッチングにてコア部分以外の余分な膜を除去して上層コア5が形成される。

【0027】このように、非磁性体膜材料として金属材料を使用する場合には、非磁性体膜をスパッタリング法、電解メッキ法のいずれの方法で形成した場合でも、非磁性体膜と磁性体の間に下地膜や電極膜を設けなくてすむので、その分、従来の形成工程に比べて、製造工程数が少なくなっており、製造操作が簡易化する。

【0028】ここで、上記非磁性体膜の膜厚は、少なくともギャップ幅よりも小さいことが望ましく、0.1 μ m以下とすることがより望ましい。

【0029】また、上記非磁性体膜に使用する金属材料としては、たとえばメッキによって成膜される非磁性金属材料として、銅、錫、亜鉛、銀、カドミウム、クロム、黄銅、半田、銀-鉛合金、銅-鉛合金、銅-錫合金、銀-カドミウム合金、銀-鉛合金、銀-銅合金、銀-ビスマス合金、銀-ガリウム合金、鉛等がある。また、スパッタリングによって成膜される非磁性金属材料として、これら金属、合金の他、アルミニウム、鉛、アルミニウム-銅合金、アルミニウム-マグネシウム合金等がある。ここで、金属材料を選択するに際しては、磁性体をエッチングする際のウェットエッチング液によってエッチング可能な金属材料を採用すると、エッチング液が1種類ですみ、コストの低減、製造工程の簡略化に有利となる。そのような金属材料としては、銅、黄銅、錫、亜鉛、半田、銅-錫合金等が挙げられ、この内、特に銅は、蝕食性が高いことから非磁性体膜材料として好適である。

【0030】以下に、銅を非磁性体膜材料とする場合の成膜条件の一例を示す。

電解メッキ条件

メッキ液： 硫酸銅系メッキ液

メッキ温度： 25℃

メッキ電流： 2～3 A/dm²

スパッタ条件

スパッタガス： Arガス

スパッタガス圧： 4×10⁻³ Torr

ターゲット： 外径3

投入パワー： 200W

【0031】なお、上記多層構造のコアにおいて、第1の磁性体および第2の磁性体となる磁性材料には、上記

7

した下層コアに使用する強磁性材料がいずれも使用可能である。

【0032】以上が本発明にかかる薄膜磁気ヘッドの代表的な例であるが、本発明の薄膜磁気ヘッドとしては、下層コアも上層コアと同様にフロントギャップ部を除いた部分が多層構造とされたものであっても差し支えない。しかし、フロントギャップ部を除いて多層構造とされた磁気コアは、フロントギャップ部とそれ以外の部分の境界が段差になり易い。下層コアの場合、さらにこの上に絶縁層、導体コイル、上層コアが形成されるので、このような段差があると該段差がその上に形成される膜の膜厚に大きく影響を与えることとなる。したがって、下層コアを多層構造とする場合には、この点を考慮する必要がある。

【0033】次に、上記構成を有する磁気コアの透磁率特性を調べるために以下の実験を行った。

【0034】まず、図23に示すように、フレーム電解メッキ法にて、基板81上に膜厚2.0 μ mの第1のパーマロイ磁性体82、膜厚0.1 μ mのCu非磁性膜83、膜厚2.0 μ mの第2のパーマロイ磁性体84よりなる3層構造の棒状コア85（幅10 μ m、長さ15mm）1000本を形成して、ストライプコア86を作成した。そして、作成されたストライプコア（サンプルコア）について周波数と透磁率の関係を調べた。その結果を図24に示す。

【0035】なお、Cu非磁性膜の膜厚はCuをメッキする際のクーロン数より推定したものである。

【0036】また、比較として、膜厚4 μ mのパーマロイ磁性体1層よりなるストライプコア（比較コア）も同様にして作成し、周波数と透磁率の関係を調べた。その結果も併せて図24に示す。なお、図24中、点線がサンプルコア、実線が比較コアの特性をそれぞれ示すものである。

【0037】図24から明らかなように、比較コアにおいては、記録周波数が5MHzを越えた辺りから、透磁率が減少し始め、10MHz以上の記録周波数では十分な透磁率が得られない。これに対して、サンプルコアでは、記録周波数を10MHzとした場合でも高透磁率を維持している。したがって、以上のことから、コアを金属製の非磁性層によって多層化すると、生産性を維持して高周波数域における特性が向上し、薄膜磁気ヘッドの実用性、性能の向上が可能となることがわかった。

【0038】

【発明の効果】以上の説明からも明らかなように、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいては、少なくとも上記上層コアが、フロントギャップ部を除いて複数の磁性膜が金属膜よりなる非磁性膜を介して積層された積層膜であるので、生産性を維持して高周波数域における特性の向上を図ることが可能である。

【0039】したがって、本発明によれば、ハードディ

8

スクシステム等の薄膜磁気ヘッドを使用するシステムのさらなる高密度気記録化が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の薄膜磁気ヘッドの一例を示す断面図である。

【図2】本発明の薄膜磁気ヘッドの製造工程の一例を工程順に従って示すもので、下地膜、電極膜形成工程を示す断面図である。

【図3】第1のフレーム形成工程を示す断面図である。

【図4】第1の磁性体膜形成工程を示す断面図である。

【図5】第1のフレーム除去工程を示す断面図である。

【図6】第2のフレーム形成工程を示す断面図である。

【図7】第2の磁性体膜形成工程を示す断面図である。

【図8】第2のフレーム除去工程を示す断面図である。

【図9】ドライエッチング工程を示す断面図である。

【図10】レジスト形成工程を示す断面図である。

【図11】ウェットエッチング工程を示す断面図である。

【図12】本発明の薄膜磁気ヘッドの製造工程の他の例を工程順に示すもので、下地膜、電極膜形成工程を示す断面図である。

【図13】第1のフレーム形成工程を示す断面図である。

【図14】第1の磁性体膜形成工程を示す断面図である。

【図15】第1のフレーム除去工程を示す断面図である。

【図16】非磁性体膜形成工程を示す断面図である。

【図17】第2のフレーム形成工程を示す断面図である。

【図18】第2の磁性体膜形成工程を示す断面図である。

【図19】第2のフレーム除去工程を示す断面図である。

【図20】ドライエッチング工程を示す断面図である。

【図21】レジスト形成工程を示す断面図である。

【図22】ウェットエッチング工程を示す断面図である。

【図23】ストライプコアの形状を示す概略斜視図である。

【図24】記録周波数と透磁率の関係を示す特性図である。

【図25】従来の薄膜磁気ヘッドの製造工程の一例を工程順に従って示すもので、下地膜、電極膜形成工程を示す断面図である。

【図26】フレーム形成工程を示す断面図である。

【図27】第1の磁性体膜形成工程を示す断面図である。

【図28】フレーム除去およびドライエッチング工程を示す断面図である。

9

10

【図29】レジスト形成工程を示す断面図である。

【図30】第2のフレーム形成、非磁性体膜、下地膜、電極膜、第2の磁性体膜形成工程を示す断面図である。

【図31】形成された上層コアを示す断面図である。

【符号の説明】

2・・・下層コア

3・・・絶縁膜

4・・・導体コイル

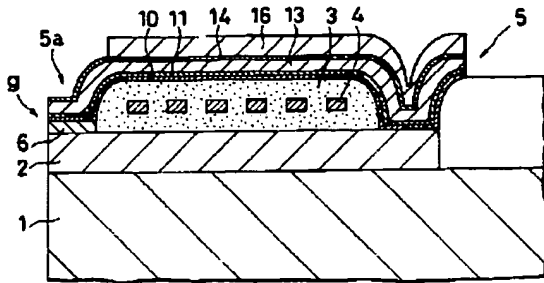
5・・・上層コア

13・・・第1の磁性体

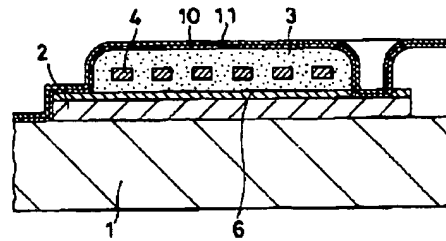
14・・・非磁性体膜

16・・・第2の磁性体

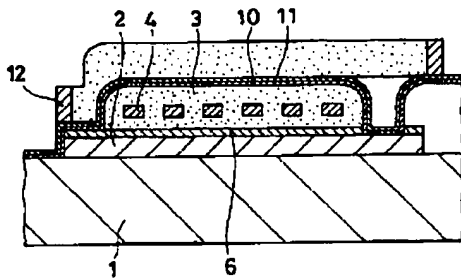
【図1】



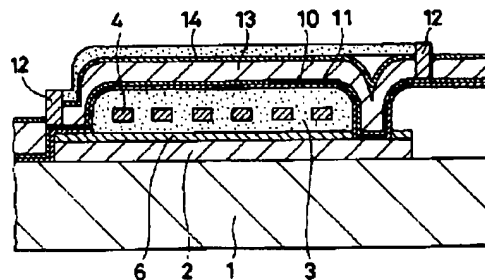
【図2】



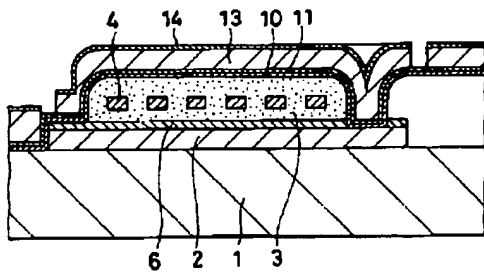
【図3】



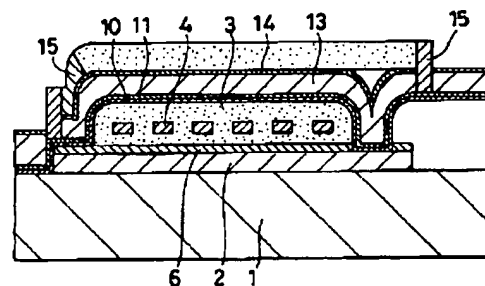
【図4】



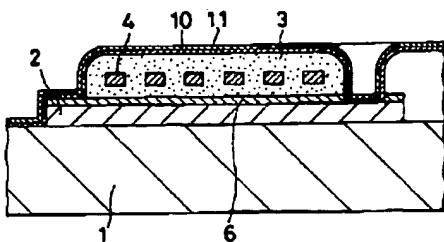
【図5】



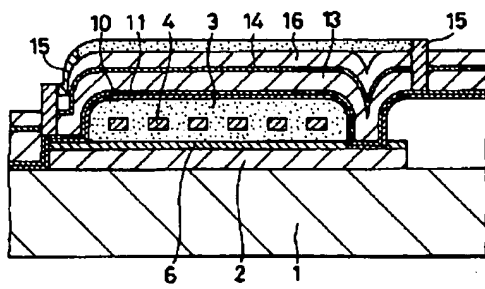
【図6】



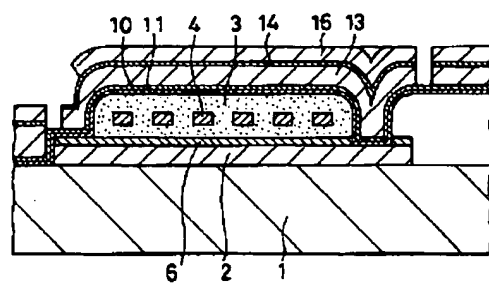
【図12】



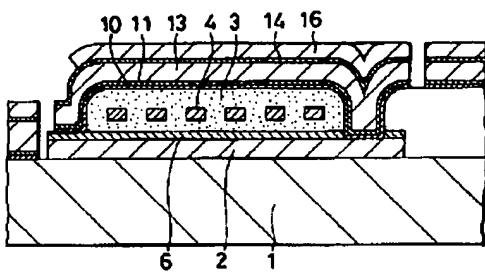
【図7】



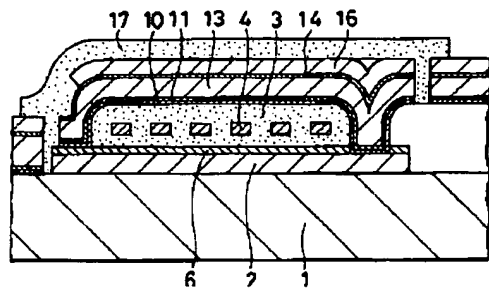
【図8】



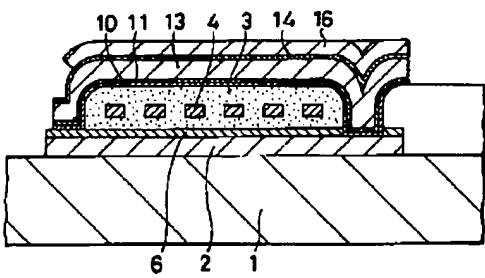
【図9】



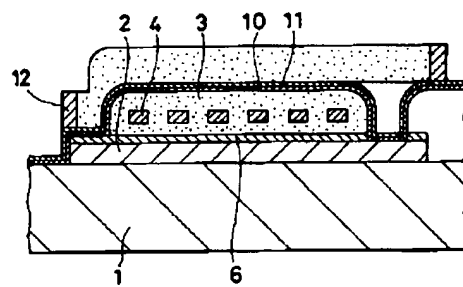
【図10】



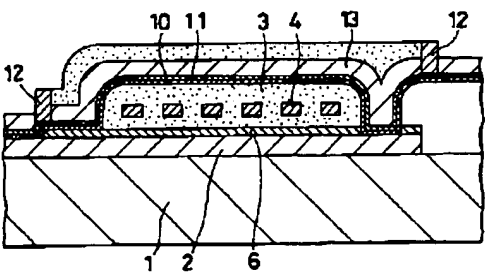
【図11】



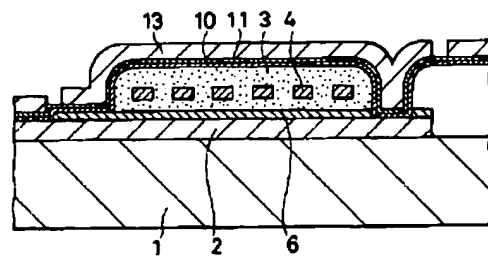
【図13】



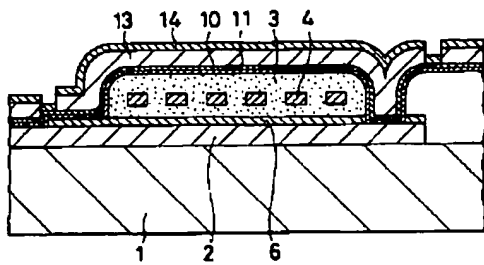
【図14】



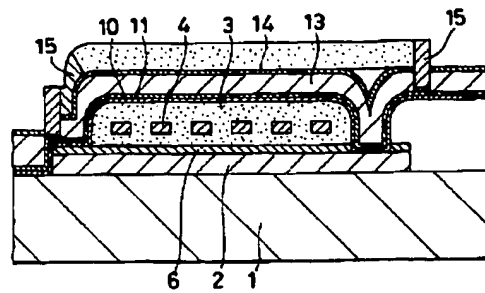
【図15】



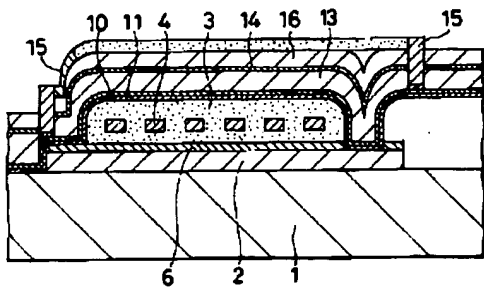
【図16】



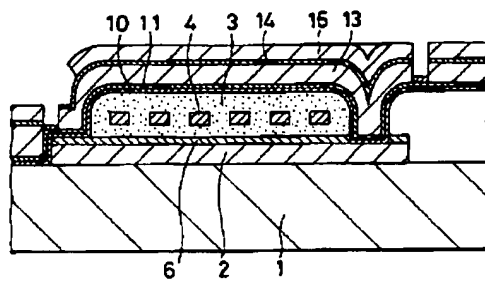
【図17】



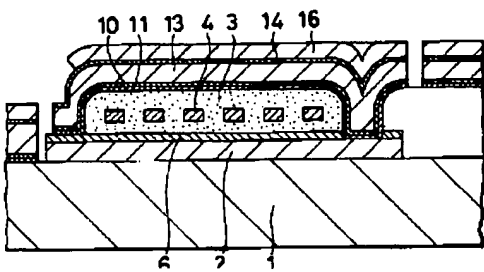
【図18】



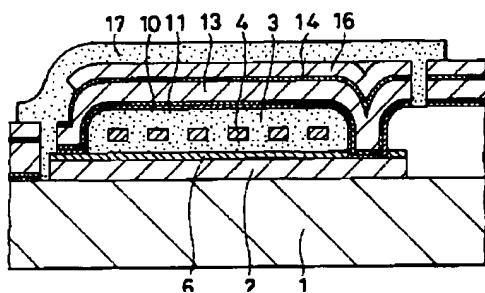
【図19】



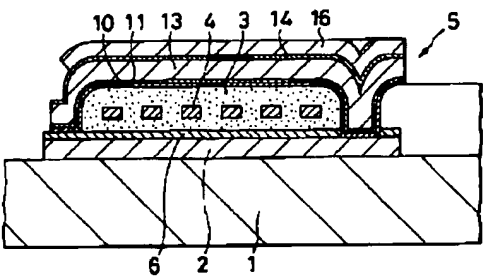
【図20】



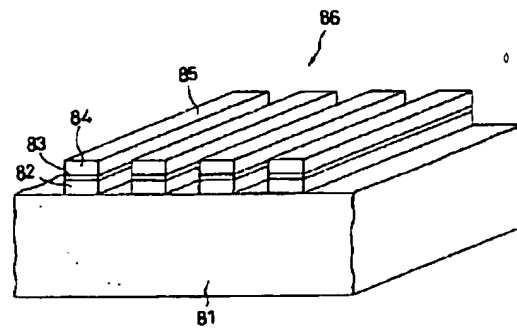
【図21】



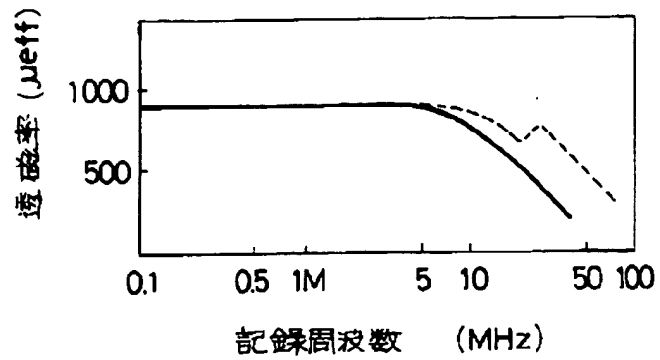
【図22】



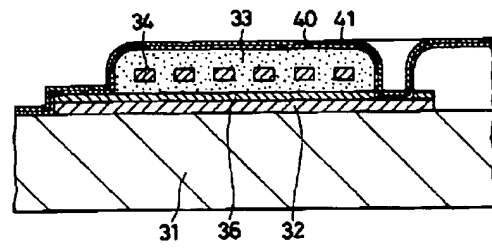
【図23】



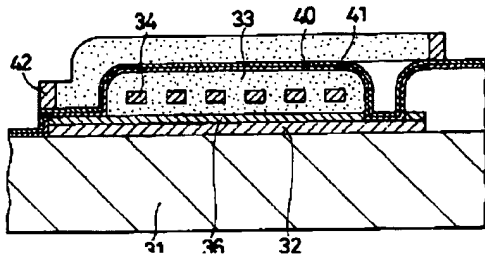
【図24】



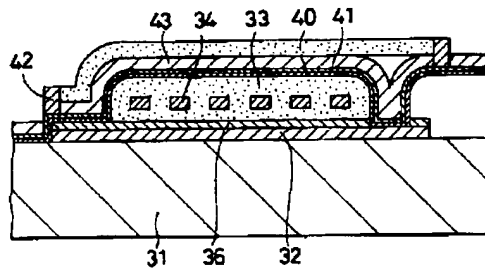
【図25】



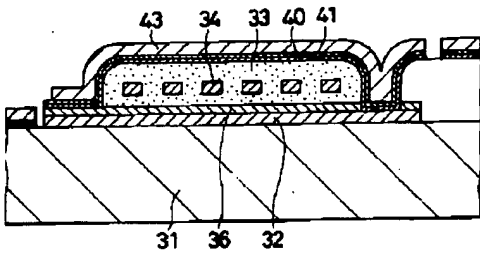
【図26】



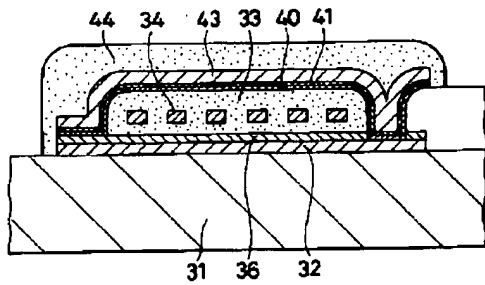
【図27】



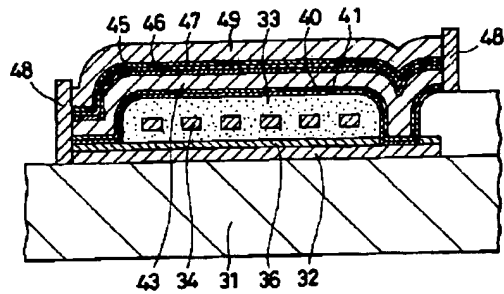
【図28】



【図29】



【図30】



【図31】

